



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001274973 A**(43) Date of publication of application: **05.10.01**

(51) Int. Cl. **H04N 1/387**
G02B 21/00
G06T 1/00
G06T 3/00
G06T 7/20
H01J 37/22
H04N 5/262

(21) Application number: **2000083840**(22) Date of filing: **24.03.00**(71) Applicant: **SANYO ELECTRIC CO LTD**

(72) Inventor: **CHIBA NAOKI**
KANO HIROSHI
HATANAKA HARUO

(54) **DEVICE AND METHOD FOR SYNTHESIZING
 MICROSCOPIC IMAGE AND
 COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM
 WITH MICROSCOPIC IMAGE SYNTHESIZING
 PROCESSING PROGRAM RECORDED THEREON**

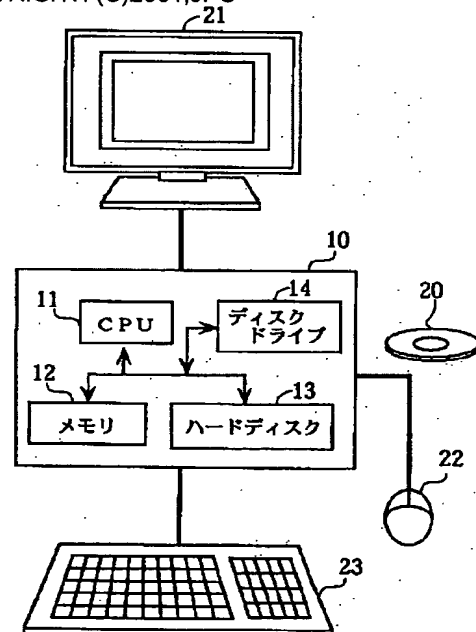
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a microscopic image synthesizing device capable of adhering plural images, which are picked up by an image pickup means mounted with a lens for a microscope, without requiring an expensive PC-controlled power stage and forcing a user to perform complicated operation.

SOLUTION: The microscopic image synthesizing device for synthesizing the first image and the second image which are picked up by the image pickup means mounted with the lens for the microscope and have respectively superposed part is provided with the first means for performing lens distortion correction and shading correction to the first image and the second image, the second means for calculating a geometric conversion coefficient between the first image and the second image after the lens distortion correction and the shading correction are performed and the third means for synthesizing the first image and the second image after the lens distortion correction and the shading

correction are performed based on the obtained geometric conversion coefficient.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-274973

(P2001-274973A)

(43)公開日 平成13年10月5日(2001.10.5)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
H 0 4 N 1/387		H 0 4 N 1/387	2 H 0 5 2
G 0 2 B 21/00		G 0 2 B 21/00	5 B 0 4 7
G 0 6 T 1/00	2 8 0	G 0 6 T 1/00	5 B 0 5 7
	4 6 0		4 6 0 D 5 C 0 2 8
	2 0 0		2 0 0 5 C 0 7 6
		3/00	

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-83840(P2000-83840)

(22)出願日 平成12年3月24日(2000.3.24)

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 千葉 直樹

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72)発明者 蚊野 浩

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74)代理人 100086391

弁理士 香山 秀幸

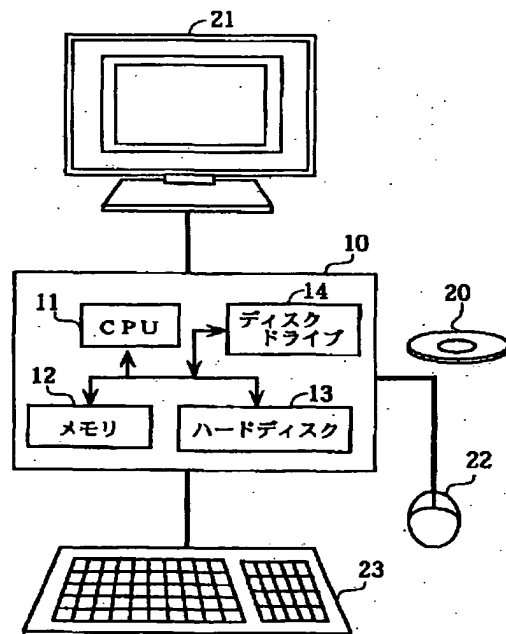
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 顕微鏡画像合成装置、顕微鏡画像合成方法、顕微鏡画像合成処理プログラムを記録したコンピュ
ータ読み取り可能な記録媒体

(57)【要約】

【課題】 この発明は、高価なP C制御の電動ステージを用いる必要がなく、かつユーザに複雑な操作をしいることなく、顕微鏡用レンズが装着された撮像手段で撮像された複数の画像を貼り合わせることができる顕微鏡画像合成装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 顕微鏡用レンズが装着された撮像手段によって撮像された互いに重なり部を有する第1画像と第2画像とを合成する顕微鏡画像合成装置であって、第1画像および第2画像に対してレンズ歪み補正およびシェーディング補正を行なう第1手段、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2画像との間の幾何変換係数を算出する第2手段、および得られた幾何変換係数に基づいて、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2画像とを合成する第3手段を備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 顕微鏡用レンズが装着された撮像手段によって撮像された互いに重なり部を有する第 1 画像と第 2 画像とを合成する顕微鏡画像合成装置であって、第 1 画像および第 2 画像に対してレンズ歪み補正およびシェーディング補正を行なう第 1 手段、
レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像との間の幾何変換係数を算出する第 2 手段、
ならびに得られた幾何変換係数に基づいて、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像とを合成する第 3 手段、
を備えていることを特徴とする顕微鏡画像合成装置。

【請求項 2】 第 2 手段は、
レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出する手段、
一方の画像における他方の画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する手段、
上記一方の画像上の各特徴点に対応する上記他方の画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡する手段、および上記追跡結果に基づいて、2つの画像間の幾何変換係数を算出する手段、
を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の顕微鏡画像合成装置。

【請求項 3】 レンズ歪み補正時において、ユーザにレンズ歪み補正係数を入力させるための手段、およびレンズ歪み補正前の画像とユーザによって入力されたレンズ歪み補正係数に応じたレンズ歪み補正を行なった後の画像とを表示させる手段、
を備えている請求項 1 および 2 のいずれかに記載の顕微鏡画像合成装置。

【請求項 4】 シェーディング補正時において、ユーザにシェーディング補正係数を入力させるための手段、およびシェーディング補正前の画像とユーザによって入力されたシェーディング補正係数に応じたシェーディング補正を行なった後の画像とを表示させる手段、
を備えている請求項 1、2 および 3 のいずれかに記載の顕微鏡画像合成装置。

【請求項 5】 顕微鏡用レンズが装着された撮像手段によって撮像された互いに重なり部を有する第 1 画像と第 2 画像とを合成する顕微鏡画像合成方法であって、
第 1 画像および第 2 画像に対してレンズ歪み補正およびシェーディング補正を行なう第 1 ステップ、
レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像との間の幾何変換係数を算出する第 2 ステップ、
および得られた幾何変換係数に基づいて、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像とを合成する第 3 ステップ、
を備えていることを特徴とする顕微鏡画像合成方法。

【請求項 6】 第 2 ステップは、

レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出するステップ、
一方の画像における他方の画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ、
上記一方の画像上の各特徴点に対応する上記他方の画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡するステップ、および上記追跡結果に基づいて、2つの画像間の幾何変換係数を算出するステップ、
を備えていることを特徴とする請求項 5 に記載の顕微鏡画像合成方法。

【請求項 7】 レンズ歪み補正時において、ユーザにレンズ歪み補正係数を入力させるためのステップ、およびレンズ歪み補正前の画像とユーザによって入力されたレンズ歪み補正係数に応じたレンズ歪み補正を行なった後の画像とを表示させるステップ、
を備えている請求項 5 および 6 のいずれかに記載の顕微鏡画像合成方法。

【請求項 8】 シェーディング補正時において、ユーザにシェーディング補正係数を入力させるためのステップ、およびシェーディング補正前の画像とユーザによって入力されたシェーディング補正係数に応じたシェーディング補正を行なった後の画像とを表示させるステップ、
を備えている請求項 5、6 および 7 のいずれかに記載の顕微鏡画像合成方法。

【請求項 9】 顕微鏡用レンズが装着された撮像手段によって撮像された互いに重なり部を有する第 1 画像と第 2 画像とを合成するための顕微鏡画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
第 1 画像および第 2 画像に対してレンズ歪み補正およびシェーディング補正を行なう第 1 ステップ、
レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像との間の幾何変換係数を算出する第 2 ステップ、
および得られた幾何変換係数に基づいて、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像とを合成する第 3 ステップ、
をコンピュータに実行させるための顕微鏡画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 10】 第 2 ステップは、
レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出するステップ、
一方の画像における他方の画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ、
上記一方の画像上の各特徴点に対応する上記他方の画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡するステップ、および上記追跡結果に基づいて、2つ

の画像間の幾何変換係数を算出するステップ、
を備えていることを特徴とする請求項 9 に記載の顕微鏡
画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読み取
り可能な記録媒体。

【請求項 11】 レンズ歪み補正時において、ユーザに
レンズ歪み補正係数を入力させるためのステップ、およ
びレンズ歪み補正前の画像とユーザによって入力された
レンズ歪み補正係数に応じたレンズ歪み補正を行なった
後の画像とを表示させるステップ、

をコンピュータに実行させるための顕微鏡画像合成処理
プログラムを記録している請求項 9 および 10 のいずれ
かに記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 12】 シェーディング補正時において、ユー
ザにシェーディング補正係数を入力させるためのステッ
プ、およびシェーディング補正前の画像とユーザによっ
て入力されたシェーディング補正係数に応じたシェーデ
ィング補正を行なった後の画像とを表示させるステッ
プ、

をコンピュータに実行させるための顕微鏡画像合成処理
プログラムを記録している請求項 9、10 および 11 の
いずれかに記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒
体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、複数の顕微鏡画
像から、各画像を自動的に接合し、高解像度かつ広視野
の合成画像を獲得するための、顕微鏡画像合成装置、顕
微鏡画像合成方法、顕微鏡画像合成プログラムを記録し
たコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 〔1〕従来のオブテカルフローの算出方
法についての説明

【0003】 2 枚の画像からオブティカルフローを計算
し、得られたオブティカルフローに基づいて、2 枚の画
像間での位置合わせを行う技術が知られている。従来の
オブテカルフローの算出方法について説明する。

【0004】 (1) Lucas-Kanade 法

従来から、動画像における運動物体の見かけの速度場
(オブティカルフロー) を計算する手法が数多く提案さ
れている。中でも局所勾配法である Lucas-Kanade 法は、
最も良い手法の一つである。その理由は、処理が高速、
実装が容易、結果が信頼度を持つことである。

【0005】 Lucas-Kanade 法の詳細については、文献：
B.Lucas and T.Kanade, "An Iterative Image Registra
tion Technique with an Application to Stereo Visio
n," In Seventh International Joint Conference on Ar
tificial Intelligence(IJCAI-81), pp. 674-979, 1981
を参照のこと。

【0006】 以下に、Lucas-Kanade 法の概要を述べる。
ある時刻 t の画像座標 $p = (x, y)$ の濃淡パターン I

(x, y, t) が、ある微小時間後 (δt) に座標 $(x + \delta x, y + \delta y)$ に、その濃淡分布を一定に保ったま
ま移動した時、次のオブティカルフロー拘束式 1 が成り
立つ。

【0007】

【数 1】

$$\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\delta x}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial y} \frac{\delta y}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial t} = 0$$

【0008】 2 次元画像でオブティカルフロー $\{v = (\delta x / \delta t, \delta y / \delta t) = (u, v)\}$ を計算する
には、未知パラメータ数が 2 個であるので、もう一個拘
束式が必要である。Lucas と Kanade (金出) は、同一物
体の局所領域では、同一のオブティカルフローを持つと
仮定した。

【0009】 例えば、画像上の局所領域 ω 内で、オブテ
ィカルフローが一定であるとする、最小化したい濃淡
パターン I の二乗誤差 E は、

$$I_0(p) = I(x, y, t),$$

【0010】 $I_1(p+v) = I(x+u, y+v, t+\delta t)$
と書き改めると、次式 2 で定義できる。

【0010】

【数 2】

$$E = \sum_{p \in \omega} [I_1(p+v) - I_0(p)]^2$$

【0011】 ここで、 v が微小な場合には、テーラー展
開の 2 次以上の項を無視できるので、次式 3 の関係が成
り立つ。

【0012】

【数 3】

【0013】 $I_1(p+v) \approx (I_0(p) + g(p)v)$ の一次微
分である。

【0014】 誤差 E が最小になるのは、 E の v に対する
微分値が 0 の時であるので、次式 4 の関係が成り立つ。

【0015】

【数 4】

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{\partial E}{\partial v} \\ &= \frac{\partial}{\partial v} \sum_{p \in \omega} [I_1(p) + g(p)v - I_0(p)]^2 \\ &= \sum_{p \in \omega} 2g(p) [I_1(p) + g(p)v - I_0(p)] \end{aligned}$$

【0016】 故にオブティカルフロー v は次式 5 で求め
られる。

【0017】

【数 5】

$$v = \frac{\sum_{p \in \omega} g(p) [I_0(p) - I_1(p)]}{\sum_{p \in \omega} g(p)^2}$$

【0018】更に、次式6に示すように、ニュートン・ラフソンの反復演算によって精度良く求めることができる。

【0019】

【数6】

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_{k+1} &= \mathbf{v}_k + \frac{\sum \mathbf{g}_k [I_0 - I_1^k]}{\sum (\mathbf{g}_k)^2} \\ I_1^k &= I_1(\mathbf{p} + \mathbf{v}_k), \\ \mathbf{g}_k &= \mathbf{g}(\mathbf{p} + \mathbf{v}_k), \\ I_0 &= I_0(\mathbf{p}) \end{aligned}$$

【0020】(2) 階層的推定法

Lucas-Kanade法を含む勾配法の最も大きな問題点は、良好な初期値が必要なために、大きな動きに対しては適用できないことである。そこで、従来からピラミッド階層構造型に数段回の解像度の異なる画像を作成して解決する方法が提案されている。

【0021】これは、まず、2枚の連続した画像から、予めそれぞれの画像の数段階の解像度の異なる画像を作成する。次に、最も解像度の低い画像間において、おおまかなオプティカルフローを計算する。そして、この結果を参考にして、一段解像度の高い画像間においてより精密なオプティカルフローを計算する。この処理を最も解像度の高い画像間まで順次繰り返す。

【0022】図4は原画像を、図3は図4の原画像より解像度の低い画像を、図2は図3の低解像度画像より解像度の低い画像を、図1は図2の低解像度画像より解像度の低い画像を、それぞれ示している。図1～図4において、Sは、1つのパッチを示している。

【0023】図1の画像(階層1の画像)、図2の画像(階層2の画像)、図3の画像(階層3の画像)および図4の画像(階層4の画像)の順番で段階的にオプティカルフローが求められる。図1～図4において矢印は、パッチ毎に求められたオプティカルフローベクトルを示している。

【0024】しかしながら、ここでの問題点は、実画像では、十分な模様(テクスチャ)を含む領域が少なく、信頼性のあるオプティカルフローが得られないことにある。

【0025】〔2〕本出願人が開発したオプティカルフロー算出方法についての説明。

【0026】本出願人が開発したオプティカルフロー算出方法は、ピラミッド階層型に数段回の解像度の異なる画像を作成して、オプティカルフローを段階的に計算する階層的推定を前提としている。オプティカルフローの計算方法は、Lucas-Kanade法等の勾配法に従う。つまり、階層構造化した勾配法によるオプティカルフロー推定法を前提としている。ここでは、勾配法としてLucas-Kanade法が用いられている。

【0027】本出願人が開発したオプティカルフロー推

定方法の特徴は、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られたオプティカルフローを、膨張処理によって補完することにある。以下、これについて詳しく説明する。

05 【0028】Lucas-Kanade法の長所の一つは、追跡結果が信頼性を持つことである。TomasiとKanadeとは、ある領域の追跡可能性が、以下のように微分画像から算出できることを示した(C.Tomasi and T.Kanade, "Shape and Motion from Image Streams: a Factorization method-Part 3 Detection and Tracking of Point Features", CMU-CS-91-132, Carnegie Mellon University, 1991.)。

15 【0029】ある領域画像 ω の垂直・水平方向の微分の2乗を要素に持つ次式7の 2×2 の係数行列Gから、その固有値を計算することで、その領域の追跡可能性を決定することができる。

【0030】

【数7】

$$G = \sum_{\mathbf{p} \in \omega} \mathbf{g}(\mathbf{p}) \mathbf{g}(\mathbf{p})^T$$

20 【0031】この行列Gの固有値が両方とも大きい場合には、その領域は直交方向に変化を持ち、一意の位置決めが可能である。従って、小さい方の固有値 λ_{\min} と、追跡後の領域間の濃淡残差Eから、追跡結果の信頼度 γ を次式8によって得ることができる。

【0032】

【数8】

$$\gamma = \frac{\lambda_{\min}}{E}$$

30 【0033】本発明者らは、オプティカルフローの同一階層内で信頼度の高い結果を用いて、信頼度の低い領域を補間する方法を開発した。これは、一段階粗い階層での結果を、追跡の初期値だけに用いて、着目している現段階の階層の結果には何も利用しない。代わりに、テクスチャの少ない領域のオプティカルフローはその周囲のオプティカルフローに近い値を持つと仮定し、モルフォロジー処理によりフロー場を補完するものである。

【0034】図5にフローベクトルの膨張処理の様子を示す。

40 【0035】左図は、フローベクトルの信頼度のマップを濃淡で表したものである。ここで、黒ければ黒い程信頼度が高いとする。

【0036】まず、得られたフローをしきい値処理する。白い部分は、結果の信頼度が低いために、しきい値処理されたものである。

45 【0037】次に、2値画像でのモルフォロジー演算による穴埋め処理を模して、フロー場において結果の膨張処理を次のように行う。ある領域 i, j のフローベクトル $\mathbf{u}(i, j)$ は、その4近傍のフローベクトルから信頼度 γ に応じて重み付けを行って次式9のように計算で

きる。

【0038】

【数9】

$$u(i, j) = \sum_{p, q} \frac{\gamma(i+p, j+q) \times u(i+p, j+q)}{\gamma_A}$$

$$(p, q) = (0, 1), (0, -1), (-1, 0), (1, 0)$$

$$\gamma_A = \sum_{p, q} \gamma(i+p, j+q)$$

【0039】この処理を、しきい値処理されたすべての信頼度の低い領域が埋まるまで、繰り返す。この補完処理を、各階層において行う。なお、ある領域 i, j のフローベクトル $u(i, j)$ を、その8近傍のフローベクトルから信頼度 γ に応じて重み付けを行って算出するようにしてもよい。

【0040】図6(a)は、ある階層の画像に対してしきい値処理されたオブティカルフローを示し、図6

(b)は補完後のオブティカルフローを示している。図6(a)において、矢印はしきい値処理によって信頼度が高いと判定されたオブティカルフローベクトルであり、×印は信頼度が低いとされた部分を示している。

【0041】〔3〕従来の顕微鏡画像の合成技術についての説明

【0042】顕微鏡によって拡大した試験片を撮像するシステムでは視野が狭いため、広域の画像を撮像するためには、分割して撮像した画像を貼りあわせる必要がある。

【0043】従来は、PC(パーソナルコンピュータ)で制御する電動ステージで試験片の載った台を動かして複数の画像を撮像し、台の移動量に基づいて、PC上で複数の撮像画像を貼りあわせていた。しかしながら、このシステムは、電動ステージが不可欠なため、高価となるという問題がある。

【0044】また、従来から、分割して撮像された顕微鏡画像をPCで貼りあわせる技術が提案されているが、各画像間の移動量の数値をユーザが入力する必要があるため、ユーザに負担がかかるという問題がある。

【0045】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、高価なPC制御の電動ステージを用いる必要がなく、かつユーザに複雑な操作をいすることなく、顕微鏡用レンズが装着された撮像手段で撮像された複数の画像を貼り合わせることができる顕微鏡画像合成装置、顕微鏡画像合成方法、顕微鏡画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することを目的とする。

【0046】

【課題を解決するための手段】この発明による画像合成装置は、顕微鏡用レンズが装着された撮像手段によって

撮像された互いに重なり部を有する第1画像と第2画像とを合成する顕微鏡画像合成装置であって、第1画像および第2画像に対してレンズ歪み補正およびシェーディング補正を行なう第1手段、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2画像との間の幾何変換係数を算出する第2手段、および得られた幾何変換係数に基づいて、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2画像とを合成する第3手段を備えていることを特徴とする。

【0047】第2手段としては、たとえば、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2画像との重なり部を抽出する手段、一方の画像における他方の画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する手段、上記一方の画像上の各特徴点に対応する上記他方の画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡する手段、および上記追跡結果に基づいて、2つの画像間の幾何変換係数を算出する手段を備えているものが用いられる。

【0048】レンズ歪み補正時において、ユーザにレンズ歪み補正係数を入力させるための手段、およびレンズ歪み補正前の画像とユーザによって入力されたレンズ歪み補正係数に応じたレンズ歪み補正を行なった後の画像とを表示させる手段を備えていることが好ましい。

【0049】シェーディング補正時において、ユーザにシェーディング補正係数を入力させるための手段、およびシェーディング補正前の画像とユーザによって入力されたシェーディング補正係数に応じたシェーディング補正を行なった後の画像とを表示させる手段を備えていることが好ましい。

【0050】この発明による画像合成方法は、顕微鏡用レンズが装着された撮像手段によって撮像された互いに重なり部を有する第1画像と第2画像とを合成する顕微鏡画像合成方法であって、第1画像および第2画像に対してレンズ歪み補正およびシェーディング補正を行なう第1ステップ、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2画像との間の幾何変換係数を算出する第2ステップ、および得られた幾何変換係数に基づいて、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2画像とを合成する第3ステップを備えていることを特徴とする。

【0051】第2ステップとしては、たとえば、レンズ歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2画像との重なり部を抽出するステップ、一方の画像における他方の画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ、上記一方の画像上の各特徴点に対応する上記他方の画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡するステップ、および上記追跡結果に基づいて、2つの画像間の幾何変換係数を

算出するステップを備えているものが用いられる。

【0052】レンズ歪み補正時において、ユーザにレン
ズ歪み補正係数を入力させるためのステップ、およびレン
ズ歪み補正前の画像とユーザによって入力されたレン
ズ歪み補正係数に応じたレンズ歪み補正を行なった後の
画像とを表示させるステップを備えていることが好まし
い。

【0053】シェーディング補正時において、ユーザに
シェーディング補正係数を入力させるためのステップ、
およびシェーディング補正前の画像とユーザによって入
力されたシェーディング補正係数に応じたシェーディン
グ補正を行なった後の画像とを表示させるステップを備
えていることが好ましい。

【0054】この発明による記録媒体は、顕微鏡用レン
ズが装着された撮像手段によって撮像された互いに重なり
部を有する第1画像と第2画像とを合成するための顕
微鏡画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読
み取り可能な記録媒体であって、第1画像および第2画
像に対してレンズ歪み補正およびシェーディング補正を
行なう第1ステップ、レンズ歪み補正およびシェーディ
ング補正後の第1画像と第2画像との間の幾何変換係数
を算出する第2ステップ、および得られた幾何変換係数
に基づいて、レンズ歪み補正およびシェーディング補正
後の第1画像と第2画像とを合成する第3ステップをコ
ンピュータに実行させるための顕微鏡画像合成処理プロ
グラムを記録していることを特徴とする。

【0055】第2ステップとしては、たとえば、レンズ
歪み補正およびシェーディング補正後の第1画像と第2
画像との重なり部を抽出するステップ、一方の画像にお
ける他方の画像との重なり部分から、両画像間のオブ
ティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴
点として抽出するステップ、上記一方の画像上の各特徴
点に対応する上記他方の画像上の点を、両画像間のオブ
ティカルフローに基づいて追跡するステップ、および上
記追跡結果に基づいて、2つの画像間の幾何変換係数を
算出するステップを備えているものが用いられる。

【0056】レンズ歪み補正時において、ユーザにレン
ズ歪み補正係数を入力させるためのステップ、およびレン
ズ歪み補正前の画像とユーザによって入力されたレン
ズ歪み補正係数に応じたレンズ歪み補正を行なった後の
画像とを表示させるステップをコンピュータに実行させ
るための顕微鏡画像合成処理プログラムを記録している
ことが好ましい。

【0057】シェーディング補正時において、ユーザに
シェーディング補正係数を入力させるためのステップ、
およびシェーディング補正前の画像とユーザによって入
力されたシェーディング補正係数に応じたシェーディン
グ補正を行なった後の画像とを表示させるステップをコ
ンピュータに実行させるための顕微鏡画像合成処理プロ
グラムを記録していることが好ましい。

【0058】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態につ
いて説明する。

【0059】〔1〕 顕微鏡画像合成装置の全体構成の

05 説明

【0060】図7は、顕微鏡画像合成装置の全体構成を
示している。

【0061】顕微鏡画像合成装置は、パーソナルコンピ
ュータによって実現される。パーソナルコンピュータ1
0には、ディスプレイ21、マウス22およびキーボー
ド23が接続されている。パーソナルコンピュータ10
は、CPU11、メモリ12、ハードディスク13、C
D-ROMのようなリムーバブルディスクのドライブ
(ディスクドライブ)14を備えている。

15 【0062】ハードディスク13には、OS (オペレー
ティングシステム) 等の他、顕微鏡画像合成処理プログ
ラムが格納されている。顕微鏡画像合成処理プログラム
は、それが格納されたCD-ROM20を用いて、ハード
ディスク13にインストールされる。また、ハードデ
ィスク13には、合成されるべき複数の顕微鏡画像が予
め格納されているものとする。

20 【0063】〔2〕 顕微鏡画像合成処理プログラムが
起動された場合にCPU11によって行われる顕微鏡画
像合成処理手順の説明。

25 【0064】ユーザは、顕微鏡用レンズを装着したカメ
ラで、台を移動させたり、試料を移動させながら、各画
像間で重なりを持った複数の顕微鏡画像を撮像する。そ
して、得られた複数の顕微鏡画像をハードディスク13
に格納しておく。

30 【0065】図8は、CPU11によって行われる全体
的な処理手順を示している。

【0066】まず、合成されるべき複数の顕微鏡画像を
メモリ12に読み込む(ステップ1)。

35 【0067】次に、取り込んだ顕微鏡画像に対してレン
ズ歪み補正処理を行なう(ステップ2)。顕微鏡用レン
ズには、周辺部に歪みがある。この歪みを取り除くため
の補正ベクトル(du , dv)を、次式10を用いて計
算する。

【0068】

40 【数10】

$$du = ku(u^2 + v^2)$$

$$dv = kv(u^2 + v^2)$$

45 【0069】ただし、 u , v は、画像の中心を原点と
し、直交座標軸を U , V とした時の座標である。また、
 k はレンズ歪み補正係数である。

【0070】この補正ベクトル(du , dv)を用い
て、入力画像の座標(u , v)を、次式11によって、
座標(u' , v')に変換することでレンズ歪みを補正
50 する。

【0071】

【数11】

$$\begin{aligned}u' &= u + du \\v' &= v + dv\end{aligned}$$

【0072】レンズ歪み補正処理を行なう際には、図9に示すようなレンズ歪み係数設定ウィンドウがディスプレイ21に表示される。ユーザは、レンズ歪み補正係数kを、レンズ歪み係数設定ウィンドウ上のスライダバー31を操作することによって設定する。

【0073】レンズ歪み係数設定ウィンドウには、レンズ歪み補正前の画像が表示される領域32と、レンズ歪み補正後の画像が表示される領域33とが設けられている。このため、ユーザは、レンズ歪み補正前の画像とレンズ歪み補正後の画像とを同時に見ることができる。また、ユーザは、スライダバー31で係数kを設定するとリアルタイムで変換画像（レンズ歪み補正後の画像）が表示されるため、簡単な操作でかつ、直感的に係数を設定することができる。

【0074】レンズ歪み補正が行なわれた顕微鏡画像に対して、シェーディング補正処理を行なう（ステップ3）。

【0075】顕微鏡撮像系では、光学系の設定によって、画像の周辺部が暗くなるシェーディングが発生する。これを補正するために、各画素毎に、画像中心からの距離に応じた補正画素値e(u, v)を次式12で計算する。

【0076】

【数12】

$$e(u, v) = \frac{s(u^2 + v^2)}{R^2}$$

【0077】ただし、u, vは、画像の中心を原点とし、直交座標軸をU, Vとした時の座標である。また、sはシェーディング補正係数、Rは画像中心からもっとも離れた画素の中心からの距離である。

【0078】この補正画素値e(u, v)を用いて、入力画像の画素値I(u, v)を、次式13によって、画素値I'(u, v)へ変換することでシェーディングを補正する。

【0079】

【数13】

【0080】シェーディング補正処理を行なう際には、図10に示すようなシェーディング補正係数設定ウィンドウがディスプレイ21に表示される。ユーザは、シェーディング補正係数sを、シェーディング補正係数設定ウィンドウ上のスライダバー41を操作することによって設定する。

【0081】シェーディング補正係数設定ウィンドウに

は、シェーディング補正前の画像が表示される領域42と、シェーディング補正後の画像が表示される領域43とが設けられている。このため、ユーザは、シェーディング補正前の画像とシェーディング補正後の画像とを同時に見ることができる。また、ユーザは、スライダバー41で係数sを設定するとリアルタイムで変換画像（シェーディング補正後の画像）が表示されるため、簡単な操作でかつ、直感的に係数を設定することができる。

10 【0082】次に、レンズ歪み補正およびシェーディング補正が行なわれた複数の顕微鏡画像を接合するための処理（画像接合処理）を行なう（ステップ4）。なお、上記の例では、レンズ歪み補正処理が行なわれた後にシェーディング補正処理を行なっているが、シェーディング補正処理を先に行ない、この後にレンズ歪み補正処理を行なうようにしてもよい。

【0083】〔3〕図8のステップ4の画像接合処理についての説明

20 【0084】図11は、図8のステップ4で実行される画像接合処理手順を示している。

【0085】説明の便宜上、ここでは、重なり部を有する2枚の顕微鏡画像（第1画像A1及び第2画像A2）を接合する場合について説明する。

25 【0086】まず、第1画像A1と第2画像A2との重なり部の抽出処理が行われる（ステップ11）。この重なり部の抽出処理は、たとえば、SSD法（Sum of Squared Difference）、正規化相互相関法に基づいて行われる。

【0087】（a）SSD法の説明

30 SSD法では、まず、重なり部を抽出すべき2枚の画像A1、A2それぞれについて、原画像より解像度の低い画像I₁、I₂が生成される。2枚の低解像度画像I₁、I₂の重なり部分ω（サイズ：M×N）が、次式14に示すように画素あたりの2乗誤差Eを用いて求められる。画像間の移動量（d）が可能な範囲で変化せしめられ、Eが最も小さい移動量（d）から、重なり部が抽出される。

【0088】

【数14】

40

$$E(d) = \sum_{M \times N} (I_1(x) - I_2(x+d))^2$$

【0089】（b）正規化相互相関法の説明

45 正規化相互相関法では、まず、重なり部を抽出すべき2枚の画像A1、A2それぞれについて、原画像より解像度の低い画像I₁、I₂が生成される。2枚の低解像度画像I₁、I₂の重なり部分ω（サイズ：M×N）が、次式15に示すように正規化相互相関係数Cを用いて求められる。画像間の移動量（d）が可能な範囲で変化せしめられ、Cが最も大きな移動量（d）から、重なり部

が抽出される。

【0090】

【数15】

$$C(d) = \frac{\sum (I_1(x) - \bar{I}_1)(I_2(x+d) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}}$$

【0091】式15において、 I_1 、 \bar{I}_1 は、第1画像を固定させ、第2画像をdだけ移動させたときの、両画像の重なり部における各画像それぞれの濃淡値の平均である。また、 σ_1 、 σ_2 は、第1画像 I_1 を固定させ、第2画像 I_2 をdだけ移動させたときの、両画像の重なり部における各画像それぞれの濃淡値の分散である。

【0092】次に、特徴点抽出処理が行われる（ステップ12）。つまり、第1画像A1における第2画像A2との重なり部分から、追跡に有効な複数の部分画像（矩形領域）が特徴点として抽出される。ただし、各特徴点は互いに重ならないように抽出される。具体的には、上述した固有値 λ_{11} （式8参照）の高い部分が特徴点として抽出される。

【0093】次に、特徴点追跡処理が行われる（ステップ13）。つまり、抽出された第1画像A1上の特徴点に対する第2画像A2上の位置が追跡される。

【0094】具体的には、まず、本出願人が開発したオブティカルフロー推定方法（従来技術の説明の欄の〔2〕参照）によって、適当なサイズ（例えば、13×13）のパッチ毎のオブティカルフローベクトルが求められる。第1画像A1上の特徴点に対応する第2画像A2上の位置は、第1画像A1上の特徴点の4近傍のパッチのフローベクトルから線形補間により画素単位以下で求められる。これにより、第1画像A1と第2画像A2との重なり部において、両画像の対応点の座標が得られる。

【0095】第1画像に第2画像を接合する場合には、上記ステップ13で求められた第1画像A1と第2画像A2との対応点の座標に基づいて、第2画像A2内の各画素の座標を第1画像A1上の座標に変換するための幾何変換行列（幾何変換係数）を算出する（ステップ14）。第2画像に第1画像を接合する場合には、第1画像A1内の各画素の座標を第2画像A2上の座標に変換するための幾何変換行列（幾何変換係数）を算出すればよい。

【0096】幾何変換行列としては、2次元平行移動のための行列または2次元剛体変換行列が用いられる。

【0097】この段階では、第2画像A2内の各画素の座標を第1画像A1上の座標に変換しないが、第2画像A2内の各画素の座標（x, y, 1）を第1画像A1の座標（x', y', 1）に変換する式は、次式16または次式17で表される。

【0098】

【数16】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = k \begin{pmatrix} 0 & 0 & tx \\ 0 & 0 & ty \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0099】

【数17】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = k \begin{pmatrix} \cos & -\sin\theta & tx \\ \sin\theta & \cos & ty \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0100】上記式16は、幾何変換行列として2次元平行移動のための行列を用いた場合の変換式を示し、上記式17は、幾何変換行列として2次元剛体変換行列を用いた場合の変換式を示している。

【0101】上記式16において、 (t_x, t_y) は平行移動量を示し、kは零でない任意の定数を示している。また、上記式17において、 (t_x, t_y) は平行移動量を示し、 θ は回転角を示し、kは零でない任意の定数を示している。

【0102】次に、画素値調合の重み（画素値調合係数）を算出する（ステップ15）。

【0103】顕微鏡用レンズを装着したカメラで、試料台を移動させたり、試料台上の試料を移動させながら、複数の画像を撮像した場合には、自動露出調整機能が動作することにより、画像間の明るさが異なってしまうことがある。

【0104】そこで、接合されるべき第1画像と第2画像とが重なる領域では、各画像の画素値を調合する処理を後処理として行なう。画素値調合処理は、両画像の重なり領域の画素値を画像間で滑らかに変化させることにより、明るさの差異を目立たなくさせる処理である。また、この処理は、同時に、幾何学変換による合成誤差も目立たなくさせることができる。

【0105】この実施の形態では、各画像の重心からの距離に基づいて両画像の重なり領域の画素値を調合する。

【0106】まず、第1画像の重心位置 G_1 を求める。また、第2画像を第1画像に接合した合成画像上で、第2画像の重心位置 G_2 を、接合のために使用される変換式（上記式16式または上記式17式）に基づいて求める。

【0107】次に、第1画像の4頂点（4隅）の位置をそれぞれ求める。また、第2画像を第1画像に接合した合成画像上で、第2画像の4頂点の位置を、接合に使用される変換式（上記式16式または上記式17式）に基づいて求める。これにより、合成画像上における第1画像の4頂点の位置および第2画像の4頂点の位置が分かるので、合成画像上において第1画像と第2画像との重なり領域を抽出する。

【0108】合成画像上での第1画像と第2画像との重なり領域内の各画素（画素値調合対象画素）から第1画像と第2画像のそれぞれの画像の重心位置 G_1 、 G_2 までの距離に応じて、当該画素値調合対象画素の画素値の重みを決定する。この重みは、画素値調合対象画素から重心までの距離が近い方の画像の画素値を大きくするように決定する。

【0109】つまり、合成画像上での第1画像と第2画像との重なり領域内の画素値調合対象画素の座標から、合成画像上での第1画像の重心位置 G_1 までのユークリッド距離を d_1 、合成画像上での第2画像の重心位置 G_2 までのユークリッド距離を d_2 とすると、画素値調合対象画素における第1画像の画素値に対する重み w_1 および第2画像の画素値に対する重み w_2 は、次式18で表される。

【0110】

【数18】

$$w_1 = \frac{d_2}{d_1 + d_2}$$

$$w_2 = \frac{d_1}{d_1 + d_2}$$

【0111】各画素値調合対象画素に対して式21に基づいて重み w_1 および w_2 を算出し、画素値調合対象画素に対する重み w_1 および w_2 のテーブル（重みテーブル）を作成する。

【0112】次に、画像を合成する（ステップ16）。

【0113】つまり、上記式16または上記式17を用いて第2画像を第1画像の座標系に描画する。

【0114】この際、ステップ15で得られた重みテーブルに基づいて、第1画像と第2画像の重なり領域の画素値 P_1 、 P_2 を画素調合する。すなわち、次式19により、各画素値調合対象画素の画素値 P_i を算出する。

【0115】

【数19】

【0116】上記実施形態によれば、高価なPC制御の電動ステージを用いることなく、かつユーザに複雑な操作をしないことなく、顕微鏡用レンズが装着された撮像手段で撮像された複数の顕微鏡画像を貼り合わせるようにすることができる。

【0117】また、レンズの半径方向に対して像が歪むレンズ歪みをユーザによって入力されたレンズ歪み補正係数に基づいて補正した際に、レンズ歪み補正前の画像とレンズ歪み補正後の画像とをユーザに提示しているため、簡単な操作でかつ、直感的にレンズ歪み補正係数を

設定することができる。

【0118】また、顕微鏡画像に特有なシェーディング（画像の周辺部が暗くなる現象）をユーザによって入力されたシェーディング補正係数に基づいて補正した際に、シェーディング補正前の画像とシェーディング補正後の画像とをユーザに提示しているため、簡単な操作でかつ、直感的にシェーディング補正を設定することができる。

【0119】

10 【発明の効果】この発明によれば、高価なPC制御の電動ステージを用いる必要がなく、かつユーザに複雑な操作をしないことなく、顕微鏡用レンズが装着された撮像手段で撮像された複数の顕微鏡画像を貼り合わせるようにすることができる。

15 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、階層的推定法を説明するための図であって、階層1の画像を示す模式図である。

【図2】図2は、階層的推定法を説明するための図であって、階層2の画像を示す模式図である。

20 【図3】図3は、階層的推定法を説明するための図であって、階層3の画像を示す模式図である。

【図4】図4は、階層的推定法を説明するための図であって、階層4の画像を示す模式図である。

25 【図5】図5は、実施例で採用されたオプティカルフロー推定方法において行われる膨張処理を説明するための模式図である。

【図6】図6（a）は、ある階層の画像に対してしきい値処理されたオプティカルフローの例を示す模式図であり、図6（b）は、補完後のオプティカルフローを示す模式図である。

30 【図7】図7は、顕微鏡画像合成装置の構成を示すブロック図である。

【図8】図8は、顕微鏡画像合成処理プログラムが起動された場合にCPU11によって行われる顕微鏡画像合成処理手順を示すフローチャートである。

35 【図9】図9は、レンズ歪み補正係数設定ウィンドウの一例を示す模式図である。

【図10】図10は、シェーディング補正係数設定ウィンドウの一例を示す模式図である。

40 【図11】図11は、図8のステップ4で実行される画像接合処理手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

10 パーソナルコンピュータ

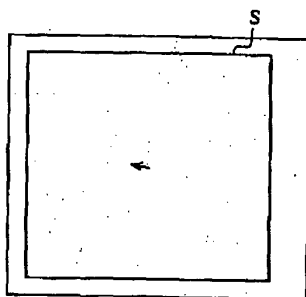
11 CPU

45 12 メモリ

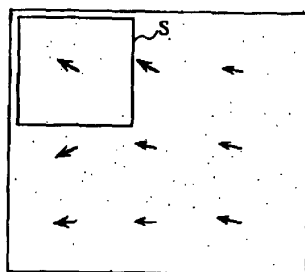
13 ハードディスク

14 ディスクドライブ

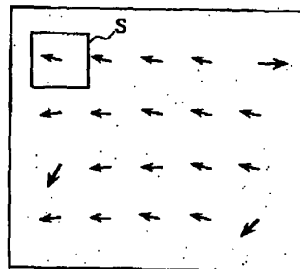
【図1】



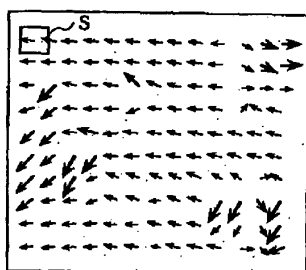
【図2】



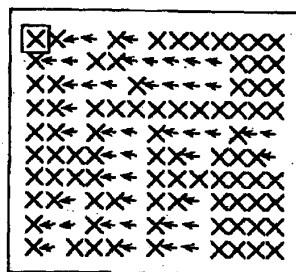
【図3】



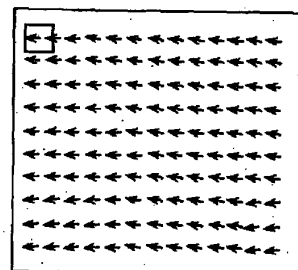
【図4】



【図6】

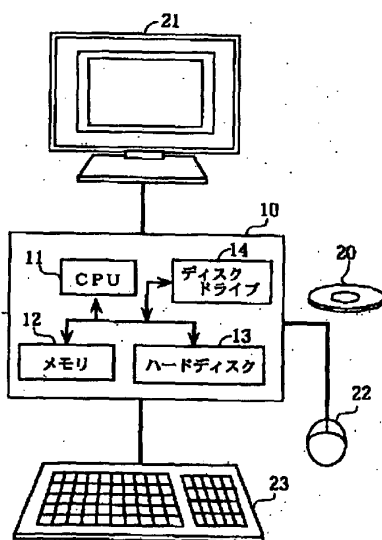


(a)

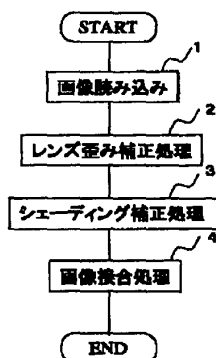


(b)

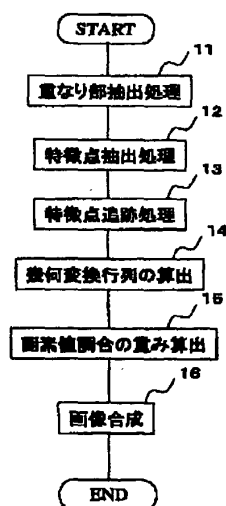
【図7】



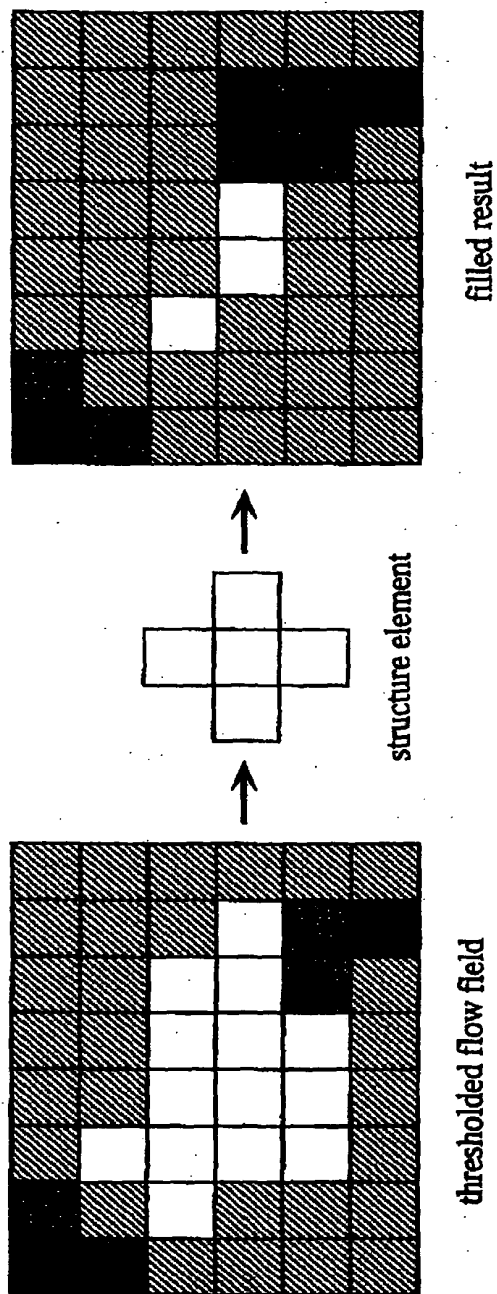
【図8】



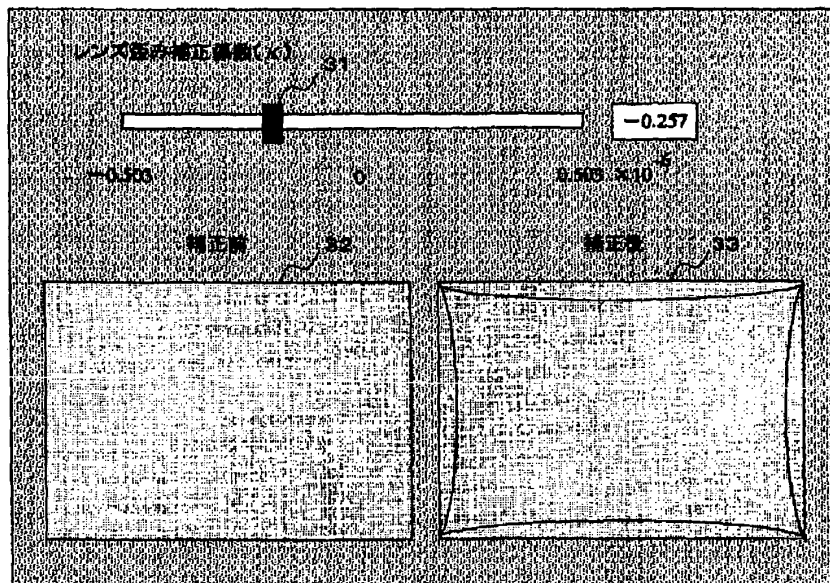
【図11】



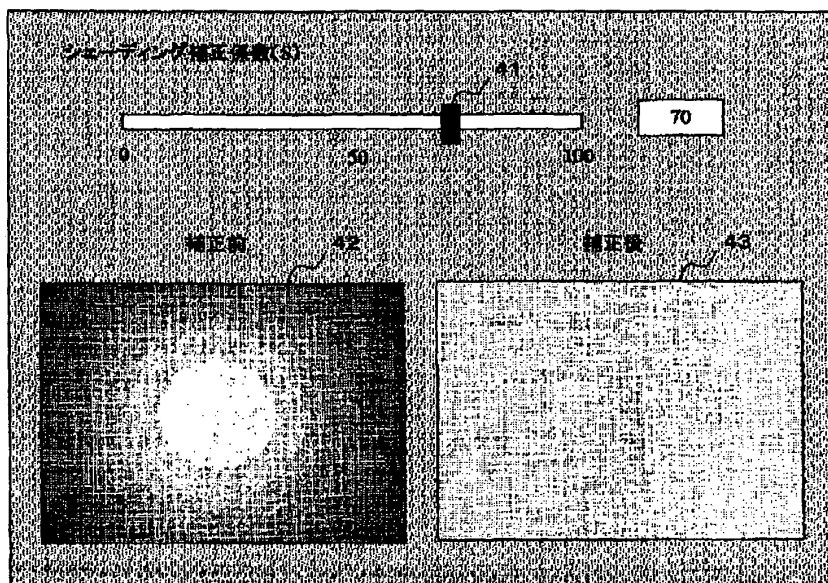
【図5】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ¹	識別記号	F I	テーム(参考)
G 0 6 T 3/00	4 0 0	G 0 6 T 3/00	4 0 0 J 5 L 0 9 6
7/20		7/20	B
H 0 1 J 37/22	5 0 2	H 0 1 J 37/22	5 0 2 H
H 0 4 N 5/262		H 0 4 N 5/262	

(72)発明者 畑中 晴雄	F ターム(参考)	2H052 AF14 AF21 AF25
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三 10		5B047 AA17 BC05 CB22 DA04
洋電機株式会社内		5B057 AA10 BA02 CA12 CA16 CB12
		CB16 CD12 CE10 DA07 DA08
		DB02 DC22 DC30 DC32 DC36
		5C023 AA11 AA37 BA13
	15	5C076 AA13 AA19 AA23 BA06 CA02
		5L096 CA04 DA04 EA07 FA19 FA32
		FA34 FA60 FA66 HA02 HA04

